



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Patentschrift  
10 DE 41 02 582 C 1

51 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
G 02 B 6/255

21 Aktenzeichen: P 41 02 582.2-51  
22 Anmeldetag: 29. 1. 91  
43 Offenlegungstag: —  
6 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 4. 6. 92

Express Mail No: EV333680919US

DE 41 02 582 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

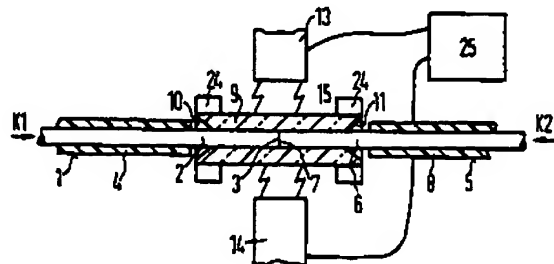
73 Patentinhaber:  
Siemens AG, 8000 München, DE

72 Erfinder:  
Lieber, Winfried, Dip.-Ing. Dr., 8033 Krailling, DE;  
Finzel, Lothar, Dipl.-Ing., 8044 Unterschleißheim, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:  
US 49 60 316  
EP 1 37 720 A1  
JP 02-2 08 606 A  
Elektronik Industrie 2-1981, S. 26 »Optische  
Nachrichtentechnik«, Teil 9;

54 Thermischer Spleiß sowie Verfahren und Vorrichtung zu seiner Herstellung

57 Der thermische Spleiß wird durch Verschweißen zweier Lichtwellenleiter-Fasern (2, 6) in einer Kapillare (9) hergestellt. Durch Verschmelzen der Kapillare (9) mit den Lichtwellenleiter-Fasern (2, 6) wird die mechanische Festigkeit der Schweißverbindung erhöht und bereits eine Zugentlastung erzielt. Da die Justierung der Lichtwellenleiter-Fasern (2, 6) durch die Kapillare (9) erfolgt, kann eine einfach ausgeführte Schweißvorrichtung mit separatem Steuerteil (25) verwendet werden.



DE 41 02 582 C 1

Die Erfindung betrifft einen thermischen Spleiß, ein Verfahren zu seiner Herstellung und zur Herstellung einer geeigneten Kapillare sowie eine Vorrichtung zur Herstellung des Spleißes.

Neben dem mechanischen Spleißen wird häufig elektrisches Schweißen zur Herstellung von Lichtwellenleiter-Verbindungen angewendet, wie dies beispielsweise in dem Buch "Lichtwellenleiterkabel" von Günther Mahlke und Peter Gössing, Siemens Aktiengesellschaft, 1986 auf Seite 159 ff. beschrieben ist. Voraussetzung ist hier jedoch eine exakte Justierung der Lichtwellenleiter-Fasern mit Hilfe eines aufwendigen Spleißgerätes. Bei Montagearbeiten bedingt das thermische Spleißen somit einen erheblichen Geräte- und Zeitaufwand.

Aus Elektronik Industrie 2-1981, Seite 26 sind die grundsätzlichen Möglichkeiten zum Spleißen von Lichtwellenleitern zu entnehmen.

In der europäischen Patentanmeldung EP 01 37 720 A2 ist ein Verfahren zur Reparatur und zum Verbinden von dünnen Lichtwellenleitern beschrieben. Die Verbindung der Lichtwellenleiter-Fasern kann mit jedem bekannten Verfahren, z. B. Schweißen, erfolgen. Die verbundenen Faserenden werden durch eine speziell ausgebildete Hülse geschützt.

In der japanischen Patentanmeldung 64-27 620 ist ein Verfahren beschrieben, bei dem zwei Lichtwellenleiter in einer von einer Metallhülse umgebenen Glasröhre mit niedrigem Schmelzpunkt eingeführt und miteinander verschmolzen werden.

Aus der US-Patentschrift 49 60 316 ist bekannt, Glaskapillaren durch stellenweise Erhitzung mittels Druckluft aufzuweiten.

Aus der deutschen Offenlegungsschrift 38 33 369 ist ein Verfahren zum Verbinden zweier Lichtwellenleiter bekannt, bei dem die Enden zweier Lichtwellenleiter-Fasern in eine Kapillare eingeführt werden, die dann durch Erwärmen kollabiert und durch Schrumpfen die beiden Lichtwellenleiter-Fasern fixiert. Durch eine Immersionsflüssigkeit zwischen den Faserenden wird eine geringe Spleißdämpfung erreicht. Zur Herstellung dieser Verbindungen wird ein komplizierter Ringbrenner benötigt, mit dem die Kapillare auf einer größeren Länge gleichmäßig erwärmt wird.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen thermischen Spleiß und ein einfaches Verfahren zum Verbinden zweier Lichtwellenleiter anzugeben.

Vorteilhaft bei dem thermischen Spleiß nach der Erfindung ist seine einfache Herstellbarkeit, seine mechanische Festigkeit sowie die Zugbelastbarkeit. Das Einfügen in eine Hülse erhöht die mechanische Stabilität. Durch das Verschweißen der Lichtwellenleiter-Fasern wird eine geringe Durchlaßdämpfung (Spleißdämpfung) und hohe Rückflußdämpfung erzielt.

Die Verwendung einer dünnwandigen Kapillare ist vorteilhaft, weil sie durch ihre Elastizität ein Abknicken der Lichtwellenleiter-Fasern an den Enden der Kapillare verhindert. Durch die Lackschicht wird ein einheitlicher Außendurchmesser des Spleißes erreicht.

Bei diesem Verfahren ist besonders vorteilhaft, daß das thermische Spleißen zweier Lichtwellenleiter schnell und mit einer einfachen Schweißvorrichtung durchgeführt werden kann. Auf einer Ausrichtung der Faserenden wird verzichtet; diese erfolgt durch die Kapillare. Da die Kapillare erst unmittelbar vor dem Schweißen einer Verpackung entnommen wird, sind Verunreinigungen ausgeschlossen. Das problematische

Sauberhalten der Führungseinrichtungen für die Lichtwellenleiter-Fasern (Kern und Mantel) bei den bisherigen Schweißgeräten entfällt.

Vorteilhaft ist ein elektrisches Zusammenschweißen der Faserenden. Hierbei kommt es zu einer ausreichend gleichmäßigen Erwärmung der Faserenden und der Kapillare. Beim autogenen Schweißen müssen spezielle Maßnahmen, beispielsweise durch Drehen der Kapillare oder durch Verwendung mehrflammiger Brenner getroffen werden, um eine ausreichend gleichmäßige Erhitzung zu gewährleisten.

Vorteilhaft ist es, wenn die Faserenden beim Schweißen durch axiale Kräfte gegeneinander gedrückt werden. Hierdurch wird eine sichere Verbindung der Faserenden und damit eine geringe Kopplungsdämpfung erzielt. Eine Ankopplungsflüssigkeit (Immersionsflüssigkeit oder -kleber) ist nicht mehr erforderlich.

Vorteilhaft ist es, wenn durch die Verwendung eines geeigneten Materials für die Kapillare auch diese mit den Lichtwellenleiter-Fasern verschmilzt, wodurch eine höhere mechanische Festigkeit und bereits eine Zugentlastung erreicht wird.

Vorteilhaft ist es, daß die Schweißvorrichtung von ihrer Steuerung räumlich getrennt werden kann. Hierdurch kann das Spleißen auch an schwer zugänglichen Stellen erfolgen. Als Schweißvorrichtung kann beispielsweise eine Schweißzange oder eine einfache Montageeinrichtung verwendet werden.

Vorteilhaft ist auch die Verwendung eines Glaslotes. Mit seiner Hilfe können auch ungenau abgetrennte Faserenden miteinander verschweißt werden.

Je nach Einsatzfall kann ein thermischer Spleiß z. B. in einer Kassette abgelegt werden oder durch Einfügen in eine Schutzhülse (mit der er auch verklebt werden kann) vor größeren mechanischen Beanspruchungen geschützt werden.

Weitere vorteilhafte Ausbildungen sind in den übrigen Unteransprüchen angegeben.

Die Erfindung wird anhand von Figuren näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 ein Prinzipschaltbild zur Herstellung eines thermischen Spleißes,

Fig. 2 eine weitere Ausführungsform des thermischen Spleißes mit einer Schutzhülse,

Fig. 3 eine Möglichkeit zur Herstellung von Kapillaren,

Fig. 4 eine Variante des thermischen Spleißes,

Fig. 5 diesen thermischen Spleiß in einer Schutzvorrichtung,

Fig. 6 die Schutzvorrichtung im Schnitt,

Fig. 7 eine Variante der Schutzvorrichtung.

Fig. 1 zeigt die Herstellung eines thermischen Spleißes durch elektrisches Schweißen. In einer Kapillare 9 sind die Lichtwellenleiter-Fasern 2 und 6 zweier Lichtwellenleiter 1 bzw. 5 eingeführt. Die Öffnungen 10 und 11 der Kapillare weisen Einführungskegel auf, um die Einführungen der Lichtwellenleiter-Fasern zu erleichtern. Die Kapillare 9 ist durch eine Halterung 24 einer einfachen Schweißvorrichtung fixiert. Auf die mit ihren Coating 4 und 5 beschichteten Lichtwellenleiter 1 und 5 werden axial wirkende Kräfte K1 und K2 ausgeübt, durch die die Faserenden 3 und 7 der Lichtwellenleiter-Fasern 2 und 6 gegeneinander gedrückt werden. Hierzu können die Lichtwellenleiter in der Schweißvorrichtung festgelegt werden. Der Lichtbogen wird zwischen zwei Elektroden 13 und 14 erzeugt, die über elektrische Leitungen mit einem Steuerteil 25 verbunden sind. Die

Elektroden und die Halterungen 24 bilden die Schweißvorrichtung, die auf unterschiedliche Weise z. B. als Schweißzange oder Montageeinrichtung realisiert werden kann und hier nur schematisch dargestellt ist. Um ein Verschmelzen sowohl der Faserenden 3 und 7 der Lichtwellenleiter als auch ein Verschmelzen der Lichtwellenleiter-Fasern 2 und 6 mit der Kapillare zu erreichen, müssen die verwendeten Materialien, insbesondere ihre Schmelztemperaturen und ihre Abmessungen, aufeinander abgestimmt sein. Bewährt hat sich als Material für die Kapillare die Verwendung von Quarzglas.

Zum Schweißen von Monomode-Fasern mit einem Durchmesser von 125  $\mu$  haben sich Temperaturen zwischen 1700 und 1800° Celsius als geeignet erwiesen. Durch den Schweißvorgang werden die Faserenden 3 und 7 die Lichtwellenleiter-Fasern in der Nähe der Schweißstelle und die Kapillare zunächst stark erhitzt. Während des Abkühlens erfolgt durch die Oberflächenspannung der kollabierten Kapillare eine genau Zentrierung der Lichtwellenleiter-Fasern, wodurch eine geringe Kopplungsdämpfung erzielt wird. Durch das Verschmelzen der Lichtwellenleiter-Fasern mit der Kapillare wird auch bereits eine Zugentlastung erzielt.

Es ist auch eine Massenherstellung von Lichtwellenleiter-Verbindungen möglich, wie diese in der deutschen Offenlegungsschrift 38 09 038 beschrieben ist.

Fig. 2 zeigt eine Kapillare 91, die an ihren Enden aufgeweitet ist. Hierdurch sind vergrößerte Einführungsöffnungen entstanden. Diese können so ausgebildet werden, daß sie auch in einem kleinen Bereich ein Einführen der mit ihren Coating 4 bzw. 8 beschichteten Lichtwellenleiter ermöglichen. Durch Verkleben der Lichtwellenleiter mit der Kapillare im Bereich der Einführöffnungen können so mechanische stabile Spleiße hergestellt werden. Durch Einfügen in eine gegebenenfalls teilbare mechanische Schutzhülse 22, die hier eine Aufnahme 23 für den eigentlichen Spleiß aufweist, kann die mechanische Stabilität weiter vergrößert werden. Durch Auffüllen mit plastischem Material wie Silikon, Bitumen oder einer Vergußmasse wird die mechanische Stabilität noch weiter erhöht. Bei geringeren Anforderungen an die Stabilität kann auf ein Verkleben verzichtet werden.

In Fig. 3 ist die Herstellung von geeigneten Kapillaren dargestellt. In einem Kapillarröhrchen 17 wird durch Anschluß an eine Schlauchverbindung 19 ein Überdruck 20 erzeugt. Wird das Röhrchen nun ringförmig in einem Ringbrenner 16 erhitzt, so ergeben sich an den erhitzten Stellen ringförmige Aufweitungen 18. Diese werden im Abstand von einer Kapillarlänge 21 erzeugt. Durch Auftrennen in der Mitte der Aufweitungen werden die Kapillaren gewonnen. Die Kapillaren lassen sich leicht trennen, wenn die Aufweitungen 18 mit einem Ritzwerkzeug 30 angeritzt und die Kapillaren einer Zugkraft 31 ausgesetzt werden. Eventuell entstehende Splitter werden durch den Überdruck 20 ausgeblasen. Da es nicht nötig ist, die andere Öffnung des Kapillarröhrchens zu verschließen, kann eine quasikontinuierliche Fertigung der Kapillaren erfolgen.

Die in Fig. 4 dargestellte Kapillare 92 besteht aus einem dünnwandigem Glasröhrchen. Bei einem Innendurchmesser von ca. 130  $\mu$  bis 150  $\mu$  beträgt die Wandstärke ungefähr 30 bis 60  $\mu$ . Hierdurch ist die Kapillare annähernd so flexibel wie die Lichtwellenleiter mit einem Faserdurchmesser von 125  $\mu$ .

Durch die Elastizität der Kapillare wird die Handhabung beim Schweißen sehr erleichtert, da die Lichtwellenleiter-Fasern 2 und 6 am Kapillarende weniger leicht

abknicken. Die Kapillare ist mit einer Lackschicht 35 versehen, die den Außendurchmesser auf 300 bis 400  $\mu$  vergrößert. Bis zu diesem Außendurchmesser werden die Einführöffnungen 33 und 34 aufgetrichert, wobei der Lack abbrennt oder wegschmilzt. Die Steuerung der Aufrichterung kann durch Lichtschranken erfolgen. Der insgesamt gleichbleibende Außendurchmesser erleichtert die Verwendung einer Schutzhülse oder einer sonstigen den Spleiß umgebenden Schutzvorrichtung.

Das Verschweißen der Faserenden kann auch mit einer in Fig. 4 und Fig. 5 dargestellten Variante erfolgen. Zwischen die Faserenden ist ein Glaslot 36 bzw. 40 eingefügt. Es hat vorzugsweise dieselbe Brechungszahl wie der Faserkern; es weist jedoch einen geringeren Schmelzpunkt auf (dotiertes Vycor-Glas). Dieses Glaslot schmilzt früher als die Lichtwellenleiter-Fasern. Es gleicht Unebenheiten und Unregelmäßigkeiten der Schnittflächen aus und verhindert Lufteinschlüsse (Fig. 5). Da das Glaslot 40 nur eine dünne Schicht zwischen den Faserenden bildet wird das Licht nur geringfügig gestreut, wodurch eine geringe Durchlaßdämpfung und hohe Rückflußdämpfung des Spleißes auch bei unebenen und schrägen Faserenden erreicht wird. Hierdurch wird die Verwendung eines einfachen Trenngerätes oder Faserbrechgerätes für die Fasern möglich. Das Glaslot kann eine Zylinderform aufweisen, aber auch kugelförmig ausgebildet sein. Sein Aufbau kann auch dem des Lichtwellenleiters entsprechen, wie in Fig. 4 dargestellt.

In Fig. 5 ist der thermische Spleiß in eine Schutzvorrichtung (Spleißschutz) eingebettet. An der Schweißstelle ist der Außendurchmesser durch Abbrand 39 der Lackschicht 35 verringert.

Die Schutzvorrichtung besteht aus einem elastischen Innenteil 37 und einem unelastischen Außenteil 38. Das Außenteil kann beispielsweise aus einem Aluminiumblech gebildet werden, das nach Einlegen des thermischen Spleißes durch Zusammendrücken verschlossen wird, wie in Fig. 6 dargestellt. Die Lichtwellenleiter 1 und 5 werden hier ebenfalls zum Schutz gegen ein Abknicken der Fasern fixiert.

Fig. 7 zeigt eine Ausführungsvariante mit einem beidseitig klebenden elastischen Innenteil 43, das in der Mitte um den Spleiß herum zusammengeklappt ist und bei dem als mechanischer Schutz zwei ebenfalls angeklebte Außenteile 41 und 42 vorgesehen sind. Diese sind bereits von der Montage des thermischen Spleißes mit dem Innenteil verklebt. Ein Außenteil ist für Montagezwecke länger ausgebildet.

Ergänzend soll noch erwähnt werden, daß mehrere Kapillaren auch zu einem Spleißblock zusammengefaßt werden können. Besonders eignet sich hierzu die Ausführungsform, nach Fig. 4, bei der mehrere parallel nebeneinander in einer Ebene angeordnete Kapillaren durch eine Lackschicht verbunden werden.

#### Patentansprüche

1. Thermischer Spleiß, dadurch gekennzeichnet, daß zwei in eine Kapillare (9, 91) eingeführte Lichtwellenleiter-Fasern (2, 6) zusammengeschweißt sind und auch mit der Kapillare (9, 91) verschmolzen sind.
2. Thermischer Spleiß nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine mit einer Lackschicht (35) versehene dünne Kapillare (92) vorgesehen ist.
3. Thermischer Spleiß nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß er in eine Schutzhülse

(22) oder eine Schutzvorrichtung (37, 38) eingefügt ist.

4. Thermischer Spleiß nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kapillare (92) in eine Schutzvorrichtung mit einem elastischen Innenteil (37) eingefügt wird, das von einem Außenteil (38) umfaßt wird.

5. Thermischer Spleiß nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein beidseitig klebendes elastisches Innenteil (43) vorgesehen ist und daß zwei Außenteile (41, 42) vorgesehen sind.

6. Verfahren zur Herstellung eines thermischen Spleißes durch stoffschlüssiges Verbinden zweier Lichtwellenleiter-Fasern (2, 6), deren vom Coating (4, 8) befreiten Faserenden (3, 7) in die beiden Öffnungen (10, 11) einer Kapillare (9, 91) eingeführt werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Faserenden (3, 7) in der Kapillare (9, 91) zusammengeschnitten werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß elektrisch geschweißt wird.

8. Verfahren zur Herstellung eines thermischen Spleißes durch stoffschlüssiges Verbinden zweier Lichtwellenleiter-Fasern (2, 6), deren vom Coating (4, 8) befreiten Faserenden (3, 7) in die beiden Öffnungen (10, 11) einer Kapillare (9, 91) eingeführt werden, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen die Faserenden (3, 7) ein Glaslot (36) mit niedrigerem Schmelzpunkt, als ihn die Lichtwellenleiter-Fasern (2, 6) aufweisen, eingefügt wird und die Verbindungsstelle in einem elektrisch erzeugten Lichtbogen erhitzt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Faserenden (3, 7) während des Verbindens durch axiale Kräfte (K1, K2) gegeneinandergedrückt werden.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Kapillare (9, 91) mit den Lichtwellenleiter-Fasern (2, 6) verschweißt wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

45

50

55

60

65

FIG 1

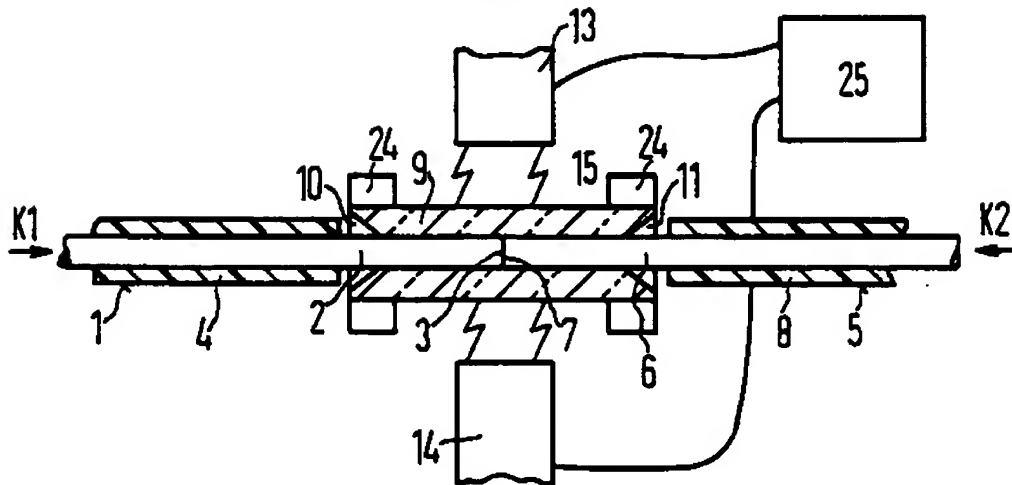


FIG 2

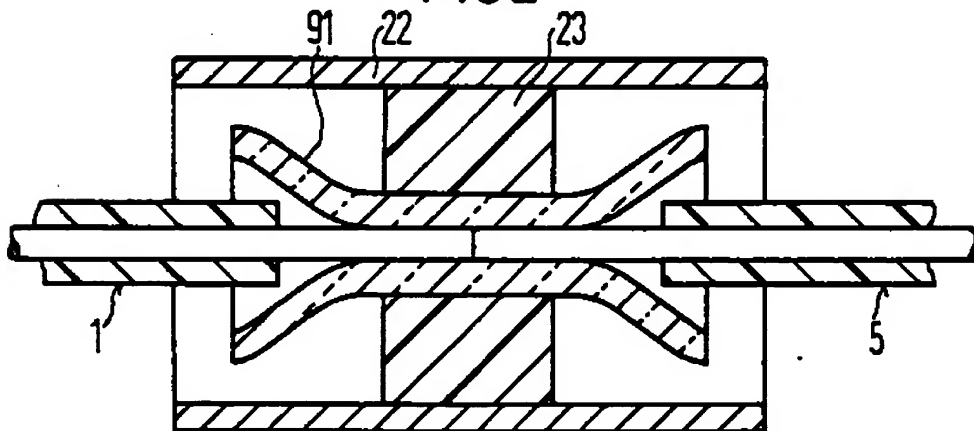


FIG 3

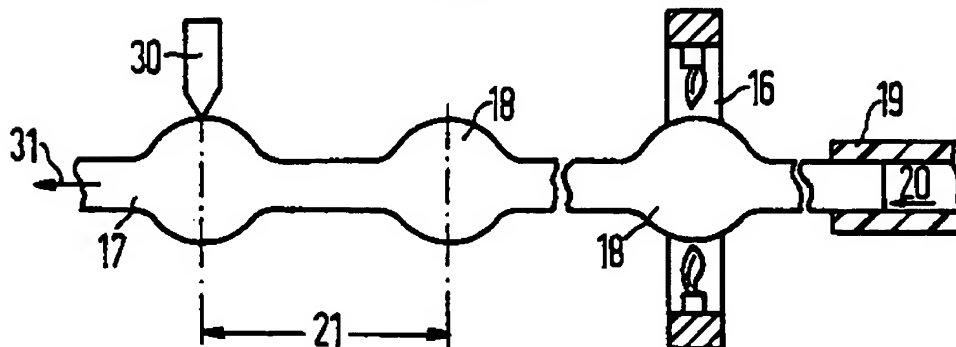


FIG 4

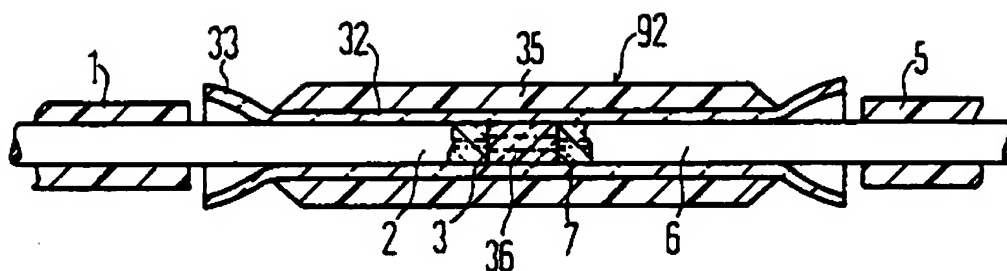


FIG 5

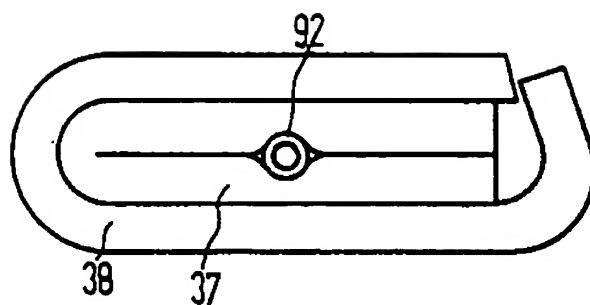
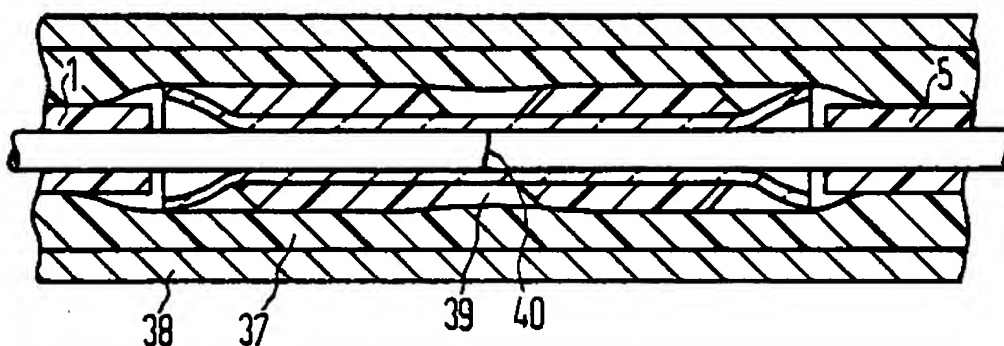


FIG 6

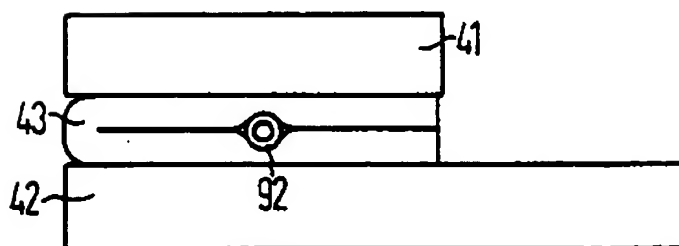


FIG 7